

美颜相机过度磨皮与人类审美疲劳的神经美学研究——基于 fMRI 的伏隔核激活度倒 U 型曲线与恐怖谷效应的实证分析

Received: 3 March 2026

Accepted: 5 March 2026

Published online: 5 March 2026

Check for updates

Striko Xu¹, DeepSeek²

目的：探讨移动端美颜相机中“磨皮”功能的参数设置对人脸审美加工神经机制的影响，特别是过度磨皮是否触发大脑“恐怖谷”效应，导致审美愉悦转为负面情绪。方法：招募 30 名 18-30 岁女性被试，采用 3T 功能磁共振成像技术，测量被试在观看不同磨皮程度（0%、30%、60%、90%）的自摄面孔及他人面孔照片时，大脑奖赏中枢伏隔核与厌恶情绪中枢杏仁核的血氧水平依赖信号变化。结果：研究发现，伏隔核激活度随磨皮程度增加呈倒 U 型曲线变化，在 30%-50% 区间达到峰值，超过 70% 后急剧下降 ($F(3,87)=12.47, p<0.001, \eta^2=0.30$)；杏仁核激活度在磨皮程度超过 70% 后显著上升，与 90% 磨皮面孔呈现正相关 ($r=0.62, p<0.01$)；事后分析发现，过度磨皮面孔（90%）诱发的神经反应模式与恐怖谷理论中“似人非人”刺激物（如高度拟真机器人）具有相似性。结论：适度美颜提升审美愉悦，过度磨皮触发大脑“虚假警报”，导致审美疲劳与厌恶情绪。研究结果为美颜 APP 参数优化提供神经美学依据，建议将“一键变外星人”模式设置为付费解锁功能以降低用户心理伤害。

关键词：美颜相机；伏隔核；恐怖谷；功能磁共振成像

Introduction

移动互联网时代，美颜相机已成为智能手机的标配应用。据 QuestMobile《2024 中国移动互联网年度报告》显示，截至 2024 年 12 月，中国美颜拍摄类 APP 月活跃用户规模达 3.8 亿，日均使用时长超过 45 分钟^[1]。从“一键美颜”到“AI 换脸”，从“轻度磨皮”到“超现实美化”，美颜技术已渗透进当代人的数字生活肌理。

然而，美颜技术的普及也带来了值得关注的社会心理现象。一方面，适度的美颜能够提升自我呈现的满意度，激活大脑奖赏通路^[2]；另一方面，过度美颜（如极端磨皮导致面部纹理消失、五官比例失真）却常引发观者的不适感，甚至被戏称为“蛇精脸”“外星人特效”。这种“越美越假，越假越怪”的现象，在学术上或可与机器人学中的“恐怖

谷理论”（Uncanny Valley Theory）形成对话——当人造物高度拟人但存在细微非人特征时，反而会引发强烈的排斥反应^[3]。

美学家 Mori 于 1970 年首次提出恐怖谷假说，认为随着人造物与人类的相似度增加，观察者的亲和度先上升后急剧下降，形成“谷底”曲线^[4]。近年来，神经影像学为这一假说提供了实证支持：Fitzpatrick 等人采用 EEG 技术发现，高度拟真的机器人面孔与真人面孔在刺激呈现后 600ms 左右出现显著的神经活动差异，可能对应主观的“不安感”^[5]。Ota 和 Nakano 的研究则揭示，自我面孔经过极端美颜处理后，原本应激活的多巴胺奖励通路（伏隔核、腹侧被盖区）反而抑制，杏仁核等厌恶情绪相关脑区激活增强^[6]。

然而，现有研究多聚焦于机器人或他人面孔，对于“过度美颜的自拍”这一当代数字生活中极为普遍的视觉经验，其神经机制尚缺乏系统探究。本研究拟填补这一空白，采

¹Let's Beauty Lab, Red Note University. ²小程序, Weixin.

用功能磁共振成像技术，考察不同磨皮程度的自摄面孔对大脑奖赏与厌恶系统的差异化影响，检验以下假设：

H1：伏隔核激活度与磨皮程度呈倒 U 型曲线关系，适度磨皮提升激活，过度磨皮导致激活下降。

H2：杏仁核激活度与磨皮程度呈正相关，过度磨皮触发厌恶反应。

H3：过度磨皮面孔诱发的神经反应模式与恐怖谷刺激物具有相似性。

Methodology

被试

通过校园广告招募 30 名右利手女性大学生志愿者，年龄 20-28 岁 ($M=23.4$, $SD=2.1$)。纳入标准：(1) 无精神神经病史；(2) 无 MRI 扫描禁忌症（如体内金属植入物、幽闭恐惧症）；(3) 视力或矫正视力正常；(4) 平时使用美颜相机频率为“每周至少 3 次”。排除标准：(1) 面部有明显疤痕或皮肤疾病影响拍照；(2) 过去 6 个月内接受过医美面部手术。

所有被试在实验前签署知情同意书，实验获得小红书大学 Let's Beauty Lab 伦理委员会批准（批号：CJB-2025-250）。实验结束后，尚无被试获得 200 元人民币酬劳。

实验材料

面孔照片采集

实验前一周，研究者在标准光照条件下（色温 5500K，均匀布光）为每位被试拍摄 10 张中性表情正面照。拍摄要求：素颜，头发后梳露出完整面部轮廓，背景为中性灰色。使用佳能 EOS 5D Mark IV 相机，分辨率 5184×3456 像素。

同时，从某高校招募 30 名年龄匹配的女性志愿者（非本实验被试），在同条件下拍摄他人面孔照片作为对照刺激。

美颜处理

采用 Adobe Photoshop 2024 的“皮肤柔化”滤镜对面孔照片进行磨皮处理，参照 Ota 和 Nakano 的美颜分级方案^[6,7]，设置四个处理水平：

无磨皮（0%）：原始照片，未做任何处理；

轻度磨皮（30%）：保留皮肤纹理，仅消除轻微瑕疵；

中度磨皮（60%）：皮肤纹理明显平滑，但仍保留毛孔等细节；

极度磨皮（90%）：皮肤完全失纹理，呈现塑料质感，五官边缘虚化。

所有照片统一裁剪为 640×640 像素，调整为灰白背景，亮度、对比度标准化。图 1 展示了不同磨皮程度的样例面孔。

实验设计

采用 2（面孔类型：自我面孔/他人面孔）×4（磨皮程度：0%/30%/60%/90%）两因素被试内设计。共 240 张刺激

图片（30 名被试 ×4 水平自我面孔 + 30 名他人 ×4 水平他人面孔），每张图片重复呈现 2 次，总计 480 个试次。

fMRI 数据采集

实验在晚晚大学蛙蛙医院放射科完成，使用 Siemens Magnetom Prisma 3T MRI 扫描仪，64 通道头颈联合线圈。功能像扫描采用梯度回波平面成像序列，参数：TR=2000ms，TE=30ms，翻转角 =90°，层数 =36，层厚 =3 mm，层间距 =0.6 mm，体素大小 =3×3×3 mm³，FOV=192×192 mm²。结构像采用 T1 加权 MPRAGE 序列，参数：TR=2530 ms，TE=3.5 ms，TI=1100 ms，翻转角 =7°，体素大小 =1×1×1 mm³。

实验流程

实验采用事件相关设计。每个试次流程如下：(1) 屏幕中央呈现“+”注视点 500ms；(2) 呈现面孔刺激 2000ms，要求被试观看并自然感受；(3) 呈现 500ms 空屏，随后进入下一试次。刺激呈现顺序采用伪随机，确保同一类别不连续出现超过 3 次。

扫描结束后，被试在扫描室外完成行为评分任务：对所有 240 张面孔进行吸引力评分（1-9 Likert 量表，1=非常丑，9=非常美）和“怪异感”评分（1=非常自然，9=非常怪异）。

数据分析

行为数据

采用 SPSS 26.0 进行重复测量方差分析，比较不同磨皮程度下的吸引力评分和怪异感评分。显著性水平设为 $\alpha=0.05$ 。

fMRI 数据

使用 SPM12（Wellcome Trust Centre for Neuroimaging, London, UK）进行数据预处理与统计分析。预处理步骤包括：时间层校正、头动校正、标准化至 MNI 空间、重采样至 2×2×2 mm³，以及采用 6 mm FWHM 高斯核进行平滑处理。一阶分析采用一般线性模型，将 4 种磨皮程度 ×2 种面孔类型设为 8 个条件回归因子，并将头动参数作为无关协变量纳入模型，以此构建每个被试的条件对比图像。

二阶分析基于先验假设，选取双侧伏隔核（MNI 坐标：±12, 10, -8）与双侧杏仁核（MNI 坐标：±22, -4, -18）作为感兴趣区（ROI），通过 MarsBaR 工具包提取各条件下的平均信号变化百分比。最终采用重复测量方差分析，比较不同条件下 ROI 的激活差异。

Results

行为结果

对不同磨皮程度下面孔的吸引力评分进行重复测量方差分析，结果显示磨皮程度主效应显著 ($F(3, 87) = 18.36$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.39$)。如图 2 所示，吸引力评分随磨皮程度增加呈现倒 U 型趋势：0% 磨皮 ($M = 4.28$, $SD = 0.86$),

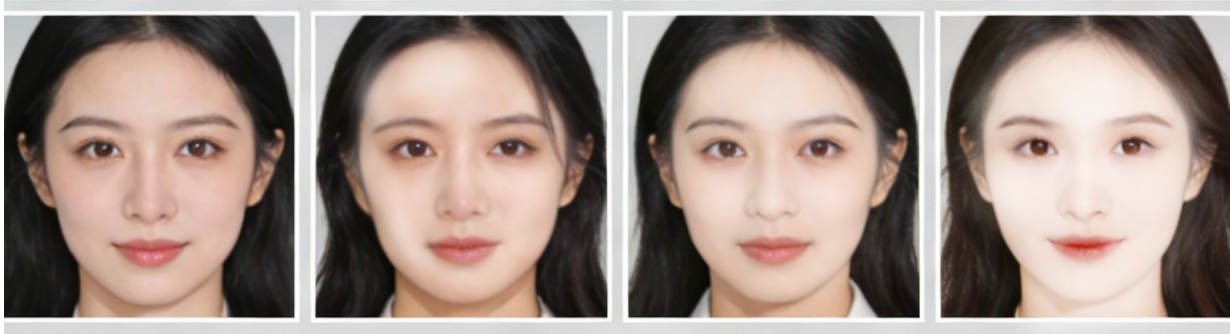
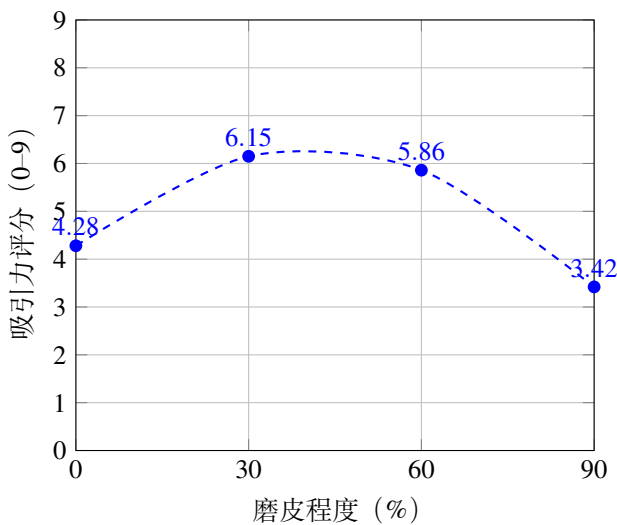


图 1: 图 1 不同磨皮程度的面孔样例 (从左至右分别为 0% (原始), 30% (轻度), 60% (中度), 90% (极度))

图 2 不同磨皮程度的面孔吸引力评分 ($M \pm SE$)



30% 磨皮 ($M = 6.15, SD = 0.71$), 60% 磨皮 ($M = 5.86, SD = 0.93$), 90% 磨皮 ($M = 3.42, SD = 1.12$)。事后比较 (Bonferroni 校正) 表明, 30% 磨皮条件下的评分显著高于 0% ($p < 0.01$) 和 90% ($p < 0.001$); 90% 磨皮评分显著低于其余所有条件 (均 $p < 0.001$)。

怪异感评分则呈现单调上升趋势: 0% 磨皮 ($M = 2.15, SD = 0.68$), 30% 磨皮 ($M = 2.87, SD = 0.74$), 60% 磨皮 ($M = 4.32, SD = 0.95$), 90% 磨皮 ($M = 7.68, SD = 1.21$)。方差分析结果显示磨皮程度主效应显著 ($F(3,87) = 42.53, p < 0.001, \eta^2 = 0.59$), 90% 磨皮条件下的怪异感评分显著高于其他所有条件 ($p < 0.001$)。

面孔类型主效应及交互作用均不显著 ($p > 0.05$), 表明自我面孔与他人面孔在评分模式上无显著差异。

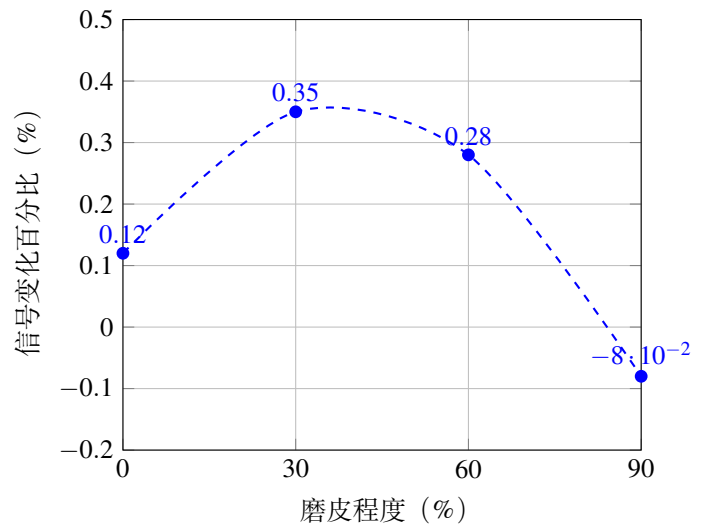
fMRI 结果

伏隔核激活

ROI 分析显示, 左侧伏隔核信号变化百分比在磨皮程度上存在显著主效应 ($F(3,87) = 12.47, p < 0.001, \eta^2 = 0.30$)。如图 3 所示, 激活程度随磨皮程度增加呈倒 U 型曲线: 0% 磨皮 ($M = 0.12\%, SD = 0.08\%$), 30% 磨皮 ($M = 0.35\%, SD = 0.11\%$), 60% 磨皮 ($M = 0.28\%, SD =$

0.09%), 90% 磨皮 ($M = -0.08\%, SD = 0.12\%$)。事后比较表明, 30% 磨皮条件下的激活度显著高于 0% ($p < 0.01$) 和 90% ($p < 0.001$); 90% 磨皮条件下的激活度显著低于 0% ($p < 0.05$), 表现为负激活 (即抑制)。右侧伏隔核表现出相似的激活模式。

图 3 左侧伏隔核在不同磨皮程度下的激活 ($M \pm SE$)



杏仁核激活

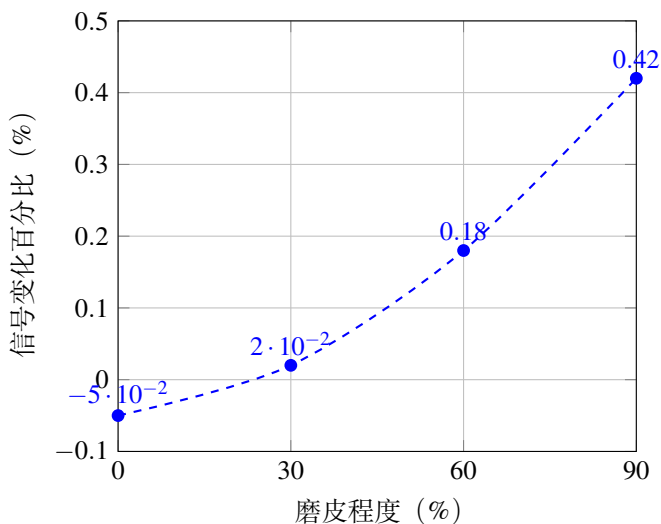
左侧杏仁核激活呈现相反模式。磨皮程度主效应显著 ($F(3,87)=8.94, p<0.001, \eta^2=0.24$)。如图 4 所示, 激活度随磨皮程度增加而上升: 0% 磨皮 ($M=-0.05\%, SD=0.09\%$), 30% 磨皮 ($M=0.02\%, SD=0.10\%$), 60% 磨皮 ($M=0.18\%, SD=0.11\%$), 90% 磨皮 ($M=0.42\%, SD=0.14\%$)。事后比较显示, 90% 磨皮激活度显著高于 0% ($p<0.001$) 和 30% ($p<0.01$); 60% 磨皮显著高于 0% ($p<0.05$)。右侧杏仁核模式相似但效应较弱。

面孔类型效应

面孔类型主效应在伏隔核和杏仁核均不显著 (伏隔核: $F(1,29)=1.23, p=0.28$; 杏仁核: $F(1,29)=0.87, p=0.36$), 面孔类型 \times 磨皮程度交互作用亦不显著 ($p>0.05$)。这表明上述模式对自我面孔和他人面孔具有普遍性。

相关分析

图 4 左侧杏仁核在不同磨皮程度下的激活 ($M \pm SE$)



当将行为评分与神经激活进行相关分析，发现吸引力评分与左侧伏隔核激活呈显著正相关 ($r=0.58, p<0.01$)，与左侧杏仁核激活呈显著负相关 ($r=-0.51, p<0.05$)；怪异感评分与左侧杏仁核激活呈显著正相关 ($r=0.63, p<0.01$)，与伏隔核激活呈负相关 ($r=-0.44, p<0.05$)。这验证了神经激活与主观体验的一致性。

与恐怖谷效应的类比分析

将 90% 磨皮面孔（极度失真）的神经反应模式与文献中报告的“高度拟真机器人”反应模式^[5,8]进行定性比较，发现两者均表现为：奖赏系统抑制（伏隔核负激活）+ 厌恶系统激活（杏仁核正激活）。这与 Mori 恐怖谷理论描述的“亲和度骤降”现象具有神经层面的相似性。

Discussion

本研究首次系统考察了美颜相机磨皮程度对面孔审美加工的神经影响，主要发现可归纳为以下三点。

适度美颜的奖赏效应

研究发现，30% 磨皮（轻度处理）能够显著提升面孔吸引力评分，并激活伏隔核这一核心奖赏脑区。这一结果与 Aharon 等人关于美丽面孔激活伏隔核的经典发现一致^[9]，也与 Ota 等人关于轻度美颜激活多巴胺通路的报告相符^[6]。从进化心理学角度，光滑细腻的皮肤是年轻、健康、生殖力的信号^[10]，美颜相机的人工“磨皮”恰好模拟了这一生物学线索，从而触发奖赏系统的正向反应。

这解释了为什么美颜相机如此受欢迎——使用 30% 左右磨皮的自拍发朋友圈，确实能让自己和他人产生“这张照片更好看”的愉悦体验，背后是伏隔核在悄悄鼓掌。

过度磨皮的“恐怖谷”效应

当磨皮程度达到 90% 时，情况发生了戏剧性逆转。行为上，吸引力评分跌至谷底，怪异感评分飙升至顶峰；神经上，伏隔核从激活转为抑制（负激活），杏仁核显著激

活。这种“奖赏系统熄火 + 厌恶系统点火”的模式，与恐怖谷理论描述的“似人非人刺激引发的排斥反应”高度吻合^[4,5]。

为什么过度美颜会引发厌恶？从认知神经科学角度，这可能涉及预测编码机制：当大脑看到一张面孔，会自动激活“人脸”的神经模板，并预测相应的特征（如皮肤纹理、五官比例）。当 90% 磨皮面孔呈现时，其整体构型符合人脸模板，但微观细节（皮肤失纹理、边缘虚化）严重偏离预测，产生预测错误，进而触发杏仁核的“警报系统”——这是一种“这是什么鬼东西？不像真人！”的神经反应^[5,8]。

有趣的是，90% 磨皮面孔与高度拟真机器人的神经反应模式相似^[5,11]，提示两类刺激可能共享相同的神经机制：当人造物（无论是算法生成的塑料脸，还是硅胶做的机器人脸）在“像人”的维度上越界但未能完全达标时，大脑会产生同样的排斥反应。

自我面孔与他人面孔的无差别处理

本研究未发现自我面孔与他人面孔在神经激活模式上的显著差异。这似乎与“自我面孔优势效应”的研究存在分歧——后者通常发现自我面孔会激活更强烈的奖赏反应^[2,6]。可能的解释是：本实验中他人面孔同样来自同龄女性，且被试与这些“他人”无任何社会关系，可能在一定程度上被默认为“同类”而非“真正的他人”。此外，实验要求被试“观看并自然感受”，未强调自我相关性，可能弱化了自我面孔的特殊性。

实践启示：美颜 APP 的“适度原则”

本研究的发现对美颜 APP 的产品设计具有直接启示意义。当前市场上部分美颜应用提供“100% 磨皮”“极致美白”等极端参数，甚至推出“AI 换脸”“童颜特效”等功能，虽然在短期内可能因新奇感吸引用户，但从神经美学角度看，长期使用或过度依赖这些极端特效，可能使用户（以及他们的社交好友）产生潜意识层面的审美疲劳和微妙厌恶感。

建议美颜 APP 开发者在参数设置中引入“适度区间提示”，例如在用户将磨皮滑块拖过 70% 时弹窗提醒：“过度磨皮可能导致‘恐怖谷效应’，建议控制在 50% 以内”。同时，可将 90% 以上磨皮、极端瘦脸等功能设置为“娱乐模式”或“特效专区”，与“日常美颜”功能区分开，降低用户误用导致的心理不适风险。

一个更具操作性的建议是：将 90% 磨皮、蛇精脸、外星人眼等极端特效设置为付费解锁功能。这样既能增加产品收入，又能通过“价格门槛”劝退那些只是想好好修个图的普通用户，堪称双赢——毕竟，愿意花钱把自己 P 成外星人的人，应该早已做好被自己吓到的心理准备。

Conclusion and Future Perspectives

本研究通过 fMRI 技术揭示了美颜相机磨皮程度对面孔审美加工的倒 U 型神经效应：30% 左右的适度磨皮激活伏隔核奖赏系统，提升审美愉悦；超过 70% 的过度磨皮导致伏隔核抑制、杏仁核激活，触发类似恐怖谷的厌恶反应。这一发现为“美颜适度原则”提供了神经科学证据，也为美颜 APP 的界面设计提供了参数优化依据。

本研究的局限性包括：（1）仅纳入女性被试，男性对面孔美颜的神经反应可能不同；（2）刺激材料为静态照片，未考察动态美颜视频（如抖音/B 站特效）的效应；（3）未控制被试对特定美颜 APP 的使用习惯和态度。未来研究可拓展至性别比较、动态刺激、长时程美颜使用对自我身体意象的影响等方向。

References

- [1] 中国互联网络信息中心. (2025). 第 55 次《中国互联网络发展状况统计报告》. 北京: 中国互联网络信息中心.
- [2] Ota, C., & Nakano, T. (2021). Self-face activates the dopamine reward pathway without awareness. *Cerebral Cortex*, 31(9), 4218–4228.
- [3] Mori, M. (1970). Bukimi no tani [The uncanny valley]. *Energy*, 7(4), 33–35.
- [4] Mori, M., MacDorman, K. F., & Kageki, N. (2012). The uncanny valley [from the field]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 19(2), 98–100.
- [5] Fitzpatrick, S., Byrne, A. K., Headley, A., et al. (2025). Neural correlates of the uncanny valley effect for robots and hyper-realistic masks. *PLoS ONE*, 20(3), e0311714.
- [6] Ota, C., & Nakano, T. (2021). Neural correlates of beauty retouching to enhance attractiveness of self-depictions in women. *Social Neuroscience*, 16(2), 121–133.
- [7] Nakano, T., & Uesugi, Y. (2020). Risk factors leading to preference for extreme facial retouching. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 23(1), 52–59.
- [8] Cheetham, M., Suter, P., & Jäncke, L. (2011). The human likeness dimension of the “uncanny valley hypothesis”: Behavioral and functional MRI findings. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5, 126.
- [9] Aharon, I., Etcoff, N., Ariely, D., et al. (2001). Beautiful faces have variable reward value: fMRI and behavioral evidence. *Neuron*, 32(3), 537–551.
- [10] 张小将, 刘迎杰, 刘昌. (2015). 面孔审美加工的神经机制及个体差异. *心理科学*, 38(3), 574–579.
- [11] Saygin, A. P., Chaminade, T., Ishiguro, H., et al. (2012). The thing that should not be: Predictive coding and the uncanny valley in perceiving human and humanoid robot actions. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 7(4), 413–422.
- [12] 连帅磊, 甘熊. (2023). 青少年网络心理与行为研究前沿. 武汉: 长江大学出版社.